

28-31

施肥对旱地冬小麦水分利用效率的影响*

党廷辉

S512.106-2

(中国科学院水利部水土保持研究所 杨陵 712100)

摘要 据陕西省长武县旱塬冬小麦肥料实验资料,分析了冬小麦的水肥与产量关系。结果表明,作物耗水量、水分利用效率、底墒利用率与产量关系密切;施肥方式、种类和数量均直接影响水分利用效率和底墒利用率;注重肥料配合施用,适当增施有机肥、N肥和P₂O₅能明显改善水分利用效率和底墒利用率。N、P₂O₅比例对土壤水分利用表明,N肥有利于提高水分利用效率,P₂O₅则有利于提高底墒利用率和增加对土壤深层水的利用。

关键词 冬小麦 水分利用效率 施肥 水肥与产量关系 旱塬

旱地

Effects of fertilization on water use efficiency of winter wheat in arid highland. Dang Tinghui(Institute of Soil and Water Conservation, CAS and Ministry of Water Resources, Yangling 712100),*EAR*,1999,7(2):28~31

Abstract The relations among water, fertilizer and yield of winter wheat are analyzed by the experiment data from Changwu arid highland, Shaanxi Province. The results show that the relations between water use efficiency or soil water use ratio and crop yield are close. Water use efficiency and soil water use ratio are affected by the method of fertilization, the type and amount of fertilizer. Paying attention to rational use of N, P₂O₅ is a good way to improve water use efficiency and soil water use ratio. In view of effect of N/P on soil water use, N is advantageous to increase water use efficiency, and P₂O₅ is good to improving soil water use ratio and increasing rate-used of deep soil water.

Key words Winter wheat, Water use efficiency, Fertilization, Relation among water, fertilizer and yield, Arid highland

旱地作物农业生产最突出的问题是缺水,其特点是无灌溉条件,作物的水分需要只能依靠有限的自然降水。为了实现作物高产,除需重视作物品种、施肥和栽培等生产技术措施外,还应重视农田水分的有效利用。增施肥料是提高旱地作物水分利用效率的主要途径之一。本研究探讨了施肥方式、施肥种类及不同肥料用量与对比对冬小麦水分利用效率的影响,为旱地合理施肥、提高水分利用效率提供科学依据。

1 试验设计与方法

试验在陕西省长武县旱塬耕地进行。试区海拔1200m,年均降水量584.1mm,干燥度

* “八五”~“九五”国家科技攻关项目部分研究内容
收稿日期:1998-04-20 改回日期:1998-05-25

1. 41, 年均气温 9.1℃, 无霜期 171d, 属半干旱地区。土壤为黑垆土, 耕层 0~20cm, pH 8.3, 有机质 10.4g/kg, 全 N 0.60g/kg, 速效磷 3.0g/kg。

试验包括 3 部分: I 设肥料撒施、条施、条深施和不施肥 4 个处理, 施 N 187.5 kg/hm², P₂O₅ 150kg/hm², 小区面积 0.75hm²; II 设 N 与 P₂O₅ 和有机肥、N 和 P₂O₅、N、P₂O₅、有机肥和 CK(对照) 6 个处理, N 120kg/hm², P₂O₅ 60kg/hm², 有机肥 75t/hm², 小区面积 1.5hm²; III 设 N、P₂O₅ 不同用量配比施肥 17 个处理, N、P₂O₅ 上限均为 180kg/hm², 下限为 0, 小区面积 0.5hm²。每试验重复 3 次。试验品种为冬小麦“长武-131”。对各处理播种前和收获期 0~3m 土层土壤湿度进行测定, 气象站观测记录小麦生育期降水量为 270.2~311.6mm, 为常态降水年(一般年为 288.5mm)。

2 结果与讨论

2.1 作物耗水量、水分利用效率、底墒利用率与产量的关系

作物耗水量是作物生育期田间蒸发、蒸腾和组成作物体及光合作用等生理过程消耗的水量之和, 其与作物产量密切相关。由表 1 可知, 试验肥料用量范围内作物耗水量与产

表 1 不同施肥处理作物耗水量、产量、水分利用效率及底墒利用率状况

Tab. 1 Crop water-consumption, yield, water use efficiency and soil water use efficiency in different treatments

处理 Treatment	降水量/mm Precipitation	土壤供水量/mm Soil water	作物耗水量/mm Water-consuming	产量/kg·hm ⁻² Yield	水分利用效率/kg·mm ⁻¹ ·hm ⁻² Water use efficiency	有效土壤水/mm Aval. soil water	底墒利用率/% Soil water use ratio
I 撒施 Fertilizer spreading	311.6	234.8	546.4	6042.0	11.1	347.1	67.6
条施 Fertilizer drilling	311.6	189.9	501.4	6147.0	12.3	344.0	55.2
条深施 Deep fertilizer drilling	311.6	135.7	447.3	5125.5	11.6	298.8	45.4
CK	311.6	30.8	342.4	2188.5	6.5	330.4	9.3
N P ₂ O ₅ 有机肥 N, P ₂ O ₅ , organic manure	270.2	203.6	473.8	6306.0	13.3	377.9	53.9
N P ₂ O ₅	270.2	199.7	469.9	4387.5	9.3	419.3	47.6
P ₂ O ₅	270.2	156.8	427.0	1593.0	3.8	503.9	31.1
N	270.2	245.7	515.9	3039.0	5.9	520.3	47.2
有机肥 Organic manure	270.2	270.3	540.5	4095.0	7.7	520.7	51.9
CK	270.2	202.0	472.2	2340.0	5.0	519.1	38.9
P ₂ O ₅ 90	270.2	142.7	412.9	1861.5	4.5	458.7	31.1
P ₂ O ₅ 180	270.2	183.7	453.9	1065.0	2.4	504.3	36.4
N ₄₅ P ₂ O ₅ 45	270.2	251.9	522.1	2401.5	4.7	497.7	50.6
N ₄₅ P ₂ O ₅ 90	270.2	242.9	513.1	2217.0	4.4	524.2	46.3
N ₄₅ P ₂ O ₅ 135	270.2	257.4	527.6	1761.0	3.3	567.9	45.3
N ₉₀	270.2	236.7	506.9	3082.5	6.2	556.9	42.5
N ₉₀ P ₂ O ₅ 45	270.2	250.4	520.6	3267.0	6.3	546.0	45.9
N ₉₀ P ₂ O ₅ 90	270.2	273.0	543.2	3693.0	6.8	546.0	50.0
N ₉₀ P ₂ O ₅ 135	270.2	271.1	541.3	3708.0	6.9	540.2	50.2
N ₉₀ P ₂ O ₅ 180	270.2	275.3	545.9	3594.0	6.6	527.7	52.2
N ₁₃₅ P ₂ O ₅ 45	270.2	236.7	506.9	3609.0	7.1	487.9	48.5
N ₁₃₅ P ₂ O ₅ 90	270.2	254.7	524.9	3807.0	7.2	491.4	51.8
N ₁₃₅ P ₂ O ₅ 135	270.2	226.2	496.4	3736.5	7.5	478.2	47.3
N ₁₈₀	270.2	194.2	464.4	3367.5	7.2	434.9	44.7
N ₁₈₀ P ₂ O ₅ 90	270.2	181.7	451.9	4077.0	9.0	391.2	46.4
N ₁₈₀ P ₂ O ₅ 180	270.2	307.7	577.9	4843.5	8.4	543.7	56.6
CK	270.2	133.4	403.6	1051.5	2.6	435.7	30.6

* N 和 P₂O₅ 的右下角标数字表示施肥量(单位 kg/hm²)。

量相关关系为:

$$Y = -1992.1 + 11.0332X \quad (R = 0.4046^* \quad n = 27) \quad (1)$$

式中, Y 为产量, X 为作物耗水量, R 为相关系数, n 为样本数。作物水分利用效率(WUE)

是单位耗水量生产的干物质产量,一般指籽实产量与耗水量之比,是反映水分利用程度的常用指标。由试验结果(见表 1)分析得水分利用效率相关关系为:

$$WUE=0.5073+0.001882Y \quad (R=0.9694 \quad n=27) \quad (2)$$

底墒利用率(*SWUR*)是作物生育期土壤供水量与播种前土壤有效贮水量之比,是评价土壤供水量的标准之一。试验结果表明,底墒利用率与产量的关系为:

$$SWUR=27.29+0.005277Y \quad (R=0.7059^{**} \quad n=27) \quad (3)$$

由上式可知,提高水分利用效率和底墒利用率是旱地作物增产的关键环节,在旱地作物生产中具有重要意义。

2.2 施肥方式与水分利用效率、底墒利用率的关系

无论采取何种施肥方式,增施肥料均能显著提高旱地作物水分利用效率和底墒利用率。但肥料撒施、条施和条深施间有差异。表 1 可知,水分利用效率大小顺序为条施>条深施>撒施,比对照分别增加 89.2%、78.5%和 70.8%;底墒利用率为撒施>条施>条深施,比对照分别增加 58.3%、45.9%和 36.1%。

2.3 施肥种类与水分利用效率、底墒利用率的关系

不同施肥种类直接影响作物水分利用效率。表 1 可知,N 与 P_2O_5 和有机肥、N 和 P_2O_5 、有机肥、N 处理的水分利用效率分别比对照(CK)提高 167.7%、87.9%、54.5%和 18.2%,单施 P_2O_5 降低水分利用效率 24.2%。底墒利用率与施肥种类的关系和水分利用效率基本一致,N 与 P_2O_5 和有机肥、N 和 P_2O_5 、有机肥、N 处理的底墒利用率分别比对照提高 38.6%、22.4%、33.4%和 21.3%,单施 P_2O_5 则降低底墒利用率 20.1%。增施有机肥,注重有机与无机肥配施对提高水分利用效率具有重要意义。

2.4 施 N 肥量与水分利用效率、底墒利用率的关系

N 肥对水分利用效率和底墒利用率的影响随其用量的变化而变化。施 P_2O_5 量 $0kg/hm^2$ 、 $90kg/hm^2$ 和 $180kg/hm^2$ 3 种条件下,水分利用效率均随 N 肥用量的增加而增加,二者呈明显的直线关系;底墒利用率与 N 肥用量呈二次抛物线关系。增施 N 肥是提高水分利用效率和底墒利用率的重要措施之一;配施适量的 P_2O_5 其提高幅度更明显。

2.5 施 P_2O_5 量与水分利用效率、底墒利用率的关系

P_2O_5 对水分利用效率和底墒利用率有一定影响。水分利用效率与 P_2O_5 似有二次抛物线关系,当 P_2O_5 用量 $<90kg/hm^2$ 时,水分利用效率随 P_2O_5 用量的增加而增加;当 P_2O_5 用量 $>90kg/hm^2$ 时,施 P_2O_5 反而对提高水分利用效率不利。底墒利用率与 P_2O_5 呈直线关系,增施 P_2O_5 是提高底墒利用率的重要措施之一。

2.6 N、 P_2O_5 配施对土壤供水量及水分利用效率的影响

N、 P_2O_5 配施对土壤供水量的影响。N、 P_2O_5 配施比例不同,作物利用土壤水量及深层水比例各异。当 N、 P_2O_5 施用量为 $135kg/hm^2$ 、N/ P_2O_5 为 2:1 时,土壤供水量为 250.4mm,1~2m 土层土壤供水量占 43.1%,2~3m 土层占 24.1%;N/ P_2O_5 为 1:2 时,土壤供水量为 242.9mm,1~2m 土层土壤供水量占 38.2%,2~3m 土层占 29.8%。当 N、 P_2O_5 施用量为 $180kg/hm^2$ 、N/ P_2O_5 为 3:1 时,土壤供水量为 236.7mm,1~2m 土层土壤供水量占 40.6%,2~3m 土层占 26.7%;N/ P_2O_5 为 1:1 时,土壤供水量为 273.0mm,1~2m 土层土壤供水量占 39.0%,2~3m 土层占 26.0%;N/ P_2O_5 为 1:3 时,土壤供水量为

257.4mm, 1~2m 土层土壤含水量占 41.1%, 2~3m 土层占 28.4%。当 N、P₂O₅ 施用量为 270kg/hm²、N/P₂O₅ 为 2:1 时, 土壤含水量为 181.7mm, 1~2m 土层土壤含水量占 36.0%, 2~3m 土层占 2.3%; N/P₂O₅ 为 1:1 时, 土壤含水量为 226.2mm, 1~2m 土层土壤含水量占 43.6%, 2~3m 土层占 18.0%; N/P₂O₅ 为 1:2 时, 土壤含水量为 275.7mm, 1~2m 土层土壤含水量占 39.9%, 2~3m 土层占 29.6%。试验表明, N、P₂O₅ 比例越小, 即 P₂O₅ 配施比例越大, 一般作物对深层土壤水分利用越多。

N、P₂O₅ 比例对水分利用效率及底墒利用率的影响。一般在同一 N、P₂O₅ 比例下肥料用量越大, 水分利用效率或底墒利用率越高。同等肥料用量下 N、P₂O₅ 比例越大, 水分利用效率越高, 底墒利用率反而越低; 反之, N、P₂O₅ 比例越小, 则水分利用效率越低, 底墒利用率越高。这表明增施肥料是提高水分利用效率的重要措施, N 肥有利于增加水分利用效率, P₂O₅ 则有利于提高底墒利用率。

参 考 文 献

- 1 陶毓汾, 王立祥, 韩士峰等著. 中国北方旱农地区水分生产潜力及开发. 北京: 气象出版社, 1997
- 2 李玉山, 苏陵民主编. 长武王东沟高效生态经济系统综合研究. 北京: 中国科技文献出版社, 1991. 115~125

河北省沧州市水资源现状及其治理对策

河北省沧州市地处环渤海低平原区, 水资源总量 13.5 亿 m³, 人均 254m³, 每公顷平均 2320m³, 是河北省平均值的 50%, 是全国平均值的 1/10 (全国人均 2340m³, 每公顷平均 2.638 万 m³), 正常年缺水 13.3 亿 m³, 枯水年缺水 15~20 亿 m³。该市受季风气候影响, 降雨集中, 年内、年际间分布极不均匀, 多年平均降雨量 549mm, 80% 降雨集中于 7~8 月, 有时 1 次降雨占全年降雨量的 50%~70%。丰水年最大降雨量达 1343.5mm (1964 年), 枯水年最少降雨量 285mm (1968 年), 相差 3~5 倍, 因而造成持续性干旱和突发性涝灾, 旱涝灾害长期威胁农业生产的发展。该市受当地和上游过境污水双重危害, 各主要河渠已无净水, 海河流域年均排污水量 36.5 亿 t, 大部分经沧州排入海, 对该市渔业及沿海水产养殖业造成一定影响。另外该市水利工程多系 60~70 年代修建, 由于重排轻蓄, 农田工程不配套, 汛期径流流入大海, 使水资源紧缺日趋严重; 工农业用水量日趋增大, 地表水不足, 加剧了对地下水开采, 造成地下水日趋枯竭, 地面下沉, 海水入侵, 污水、咸水下渗等一系列生态问题。目前以该市为中心的深层地下水漏斗面积达 8000km², 1994 年漏斗中心水位埋深达 94.04m, 1970~1994 年地面累计下沉 1523mm。为此, 提出沧州市水治理对策: 一是搞好源、库、流水资源调节。沧州水问题的核心是降雨集中, 年内、年际间水资源分配悬殊, 致使雨季大量淡水排走, 旱季又无水灌溉, 因此要解决丰枯不均、旱涝多灾问题, 就要向洪水要水、向污水要水, 在田间建造能排能引能蓄的农田工程体系, 形成地上地下土壤三大调蓄库容, 把丰水年丰水季节有害淤涝之水转化为宝贵淡水资源, 以供旱年旱季利用, 实现对水资源的跨时空调节; 二是建设地上地下水库, 实现跨流域调水。自 1993 年始该市每年引黄河水 1~3 亿 m³, 若实现南水北调, 每年可引水 5~10 亿 m³, 建设地上平原水库和地下水库, 对缓解城市供水和周边地区农业发展可发挥重要作用; 三是开辟大浪淀水库第二引水源。1996 年大浪淀水库 (可蓄水 1 亿 m³) 建成蓄水, 开创沧州治水史的新篇章, 但由于黄河水源不足, 仅满足有效库容 50%。为确保水库正常运行, 发挥最大效益, 应开辟第二引水源, 可结合现正待开工修建的石港高速公路, 开辟 1 条由西部黄壁庄水库、王快水库、西大洋水库等直通沧州的引水渠, 一面挖渠一面筑路可大幅度降低单修引水渠的造价。该区地势西高东低, 可自流入沧州, 不必多级提水, 减少运行费用, 该渠横贯东西, 直达黄骅港, 南水北调后可实现对沧州全境的平原水库、地下水库、沟、渠、河、塘进行水资源均衡调节; 四是走节水农业之路。推广“小白龙”和地下管道输水灌溉技术, 减少输水过程中渗漏和蒸发损失, 采用不同灌溉方式, 果树滴灌, 设施蔬菜渗灌, 大田作物畦灌, 切忌大水漫灌, 采用地膜、秸秆覆盖等技术和小麦节水高产栽培技术, 实现节水增效之目的。

(王金珍 穆跃军 李兰升 河北省沧州市科学技术委员会 沧州 061001)